

日本気象学会誌 気象集誌

(Journal of the Meteorological Society of Japan)

第87巻 第2号 2009年4月 目次と要旨

論文

- 馬淵和雄・高橋清利・奈佐原（西田）顕郎：東アジア陸域生態系の炭素循環に影響を与える気候要因に関する数値実験的研究219-244
- 山岬正紀：南北非対称な潜在不安定大気中で鉛直シアーをもった環境風の下でのメソ対流系に関する研究245-262
- V. PRASANNA・安成哲三：南アジアモンスーン地域の大気水収支変動263-287
- 大竹秀明・川島正行・藤吉康志：寒気吹き出し時に日本海北部に発生する太い筋雲の形成メカニズム289-306
- Shu-Ping WENG：熱帯インド洋・太平洋における年々変動スケールでの海洋貯熱量と海面水温偏差の結合伝播モード307-333

要報と質疑

- 那須野智江・三浦裕亮・佐藤正樹・野田 暁・大内和良：2006年12月の MJO 事例に関する全球雲解像数値実験における対流の多重スケール組織化335-345
- 近藤圭一・田中 博：順圧大気大循環モデルを用いた拡張カルマンフィルタおよびアンサンブル・カルマンフィルタの比較実験347-359
- 学会誌「天気」の論文・解説リスト（2009年1月号・2月号）361
- 英文レター誌 SOLA の論文リスト（2009年 pp. 1-24）362
- 気象集誌次号掲載予定論文リスト363

.....◇.....◇.....◇.....

馬淵和雄・高橋清利・奈佐原（西田）顕郎：東アジア陸域生態系の炭素循環に影響を与える気候要因に関する数値実験的研究

Kazuo MABUCHI, Kiyotoshi TAKAHASHI and Kenlo Nishida NASAHARA : Numerical Investigation of Climate Factors Impact on Carbon Cycle in the East Asian Terrestrial Ecosystem

東アジア陸域における大気-生物圏炭素循環のメカニズムの解明、および炭素循環に影響を与える気候要因の地域的な特徴を明らかにすることを目的として、陸域生態系モデルを組み込んだ地域気候モデルを用いた数値実験を行った。

本数値実験にとって重要な要素である降水量および生物季節変化について、関連する観測データを用いた検証を行った。また、モデルで再現された大気中二酸化炭素濃度について、6地点の地上観測データとの比較を行い、特徴的な変動が再現できていることを確認

した。

モデル精度の確認作業を行った後、総生産量 (GPP) に影響を与える気候要因の地域的な特徴について解析を行った。日本列島・朝鮮半島付近においては、暖候期の下向き短波放射量 (DSW) および寒候期の地上気温 (TA) の正偏差が GPP の増加をもたらす。中国大陸域では、DSW が重要であると共に、春季の土壌水分量 (SW) も重要な要素である。冬季においては、TA と GPP の変動との間には強い正相関があるが、暖候期の高温偏差は GPP を減少させ

る。インドシナ半島域では、年間を通してDSWの変動とGPPの変動は正相関を示し、SWとGPPは負相関を示した。インド亜大陸域では、暖候期のDSWおよび寒候期のSWの正偏差がGPPを増加させる。モンゴル域および中国大陸内陸域においては、DSW

よりSWの変動が重要であり、寒候期の高温偏差もGPPの増加をもたらす。夏季における高温乾燥化はGPPを減少させる。フィリピン付近では、DSWがGPPの変動に影響を与える主たる気候要因である。

山岬正紀：南北非対称な潜在不安定大気中で鉛直シアーをもった環境風の下でのメソ対流系に関する研究

Masanori YAMASAKI: A Study of the Mesoscale Convective System under Vertical Shear Flow in the Latently Unstable Atmosphere with North-South Asymmetry

鉛直シアー流中でのメソ対流系の構造とメカニズムを理解するために、積雲対流解像モデルを用いて数値実験を行った。水平方向の格子間隔として1 kmを用いる。本研究の動機は、2004年の梅雨期に起こった福井豪雨をもたらしたレインバンドの走向を理解することであった。下層に強い鉛直シアーをもった流れは西風であったが、レインバンドの走向は東西ではなく西北西-東南東であった。

この問題を理解する基礎は、ジェットをもたない環境風のシアーベクトルが一方（風の hodograph が直線）のケースでは、レインバンドはにんじん状になりやすいことである。本研究では、梅雨前線付近で観測されるように南側でより潜在不安定であるような南北非対称の重要性を論ずる。この場合、対流はレインバンドの南側でより活発となり、上述のようなレインバンドの走向が西風の下で実現する。

本研究で扱っているメソ対流系では雨水の蒸発冷却の効果、ダウンドラフトが重要であるが、メソ対流系

の西側域での対流は鉛直シアーによってダウンシアー側に傾く。このような状況下でいわゆるバックビルディングが起り、メソ対流系の維持と移動に重要な役割を果たす。移動するメソ対流系に相対的に地表付近での環境風は東風であるが、それにもかかわらずバックビルディングが起こるのは、対流活動が、鉛直循環、したがって下層で強い西からの流れを励起するためである。

また、顕著な南風成分をもった下層の流れが対流活動によってつくられ、ダウンドラフトに伴う北よりの流れと相俟って、メソ対流系やそれを構成するメソ対流の活発化に重要な役割を果たす。南風成分をもった下層の空気は上昇して、その一部は南の方に戻るが、多くは南風成分を維持する。すなわち、南風成分はメソ対流系の南側下層（2 km 以下）だけでなく、メソ対流系域及びその北側での中層から上層（高さ2~3 km 以上）でも卓越するのが特徴である。

V. PRASANNA・安成哲三：南アジアモンスーン地域の大気水収支変動

V. PRASANNA and T. YASUNARI: Time-Space Characteristics of Seasonal and Interannual Variations of Atmospheric Water Balance over South Asia

南アジアモンスーン地域の大気水収支変動を、1979-2000年の22年間について、JRA-25、ERA-40、NCEP/NCARの再解析データによる水蒸気収束量(C)、GPCPによる降水量(P)および残差として求めた蒸発量(E)により評価し、P、C、Eの相互関係から大気水循環からみた降水機構を考察した。

全体として、この地域での季節平均でのPには、一般的にEの貢献が大きいがわかった。経年変動の

時空間特性について、モンスーン前半(6~7月)と後半(8~9月)とに分けて調べた。その結果、まず最も乾燥した北西インド、中部インドから、最も湿潤な北東インドにかけてのどの地域においても、Pに対してEとCのいずれがより大きく貢献するかは、モンスーン前半と後半とで大きく変化することがわかった。それぞれの地域のPの経年変動に対するCとEの貢献度は、気候学的平均でのそれらの傾向とは必ずし

も同じでないことも明らかになった。また、モンスーン前半と後半で、その経年変動の特性も大きく異なることも明らかになった。北西インドでは、Pに対し、季節平均ではEの貢献が大きいが、経年変動ではCの貢献が大きい。中部インドでは、モンスーン前半の季節平均ではCの貢献が大きいが、Eの貢献が年々変動では大きい。モンスーン後半では、季節平均ではEの貢献が大きい。経年変動では、Cの貢献が大きい。北

東インドでは、季節平均ではCが卓越しているが、経年変動ではEが大きく貢献していることがわかった。各地域の大気水収支変動における大気-陸面相互作用の重要性についても考察した。海洋上では、ベンガル湾領域では、Pの経年変動に対し、Eの変動が重要であるが、アラビア海領域では、Cの変動がより重要であることも明らかになった。

大竹秀明・川島正行・藤吉康志：寒気吹き出し時に日本海北部に発生する太い筋雲の形成メカニズム

Hideaki OHTAKE, Masayuki KAWASHIMA and Yasushi FUJIYOSHI: The Formation Mechanism of a Thick Cloud Band over the Northern Part of the Sea of Japan during Cold Air Outbreaks

冬季、寒気の吹き出しにともない、太い筋雲がしばしば日本海北部に発生し、北海道西部沿岸地域に局所的な豪雪をもたらす。本研究では水平分解能5 kmの非静力学モデルを用いた数値実験により、太い筋雲の形成メカニズムについて調べた。基本実験では、観測された太い筋雲の特徴が良く再現された。太い筋雲は南西側の相対的に寒冷な北西風と、北東側の相対的に温暖な北北西風の間形成された。風上の地形を変えて行った感度実験の結果から、ロシア沿海州のシホテ・アリニ山脈中央部の海岸付近にある特定の山岳の効果、そしてシホテ・アリニ山脈の大規模な地形が総観規模の下層の北西風に及ぼす効果により太い筋雲が形成・強化することが示された。

沿海州の海岸付近の特定の山岳が寒気吹き出しを分

流させ、その風下に収束域が作られることで筋雲が形成する。シホテ・アリニ山脈の北東側では、南西側に比べて山岳の標高が高く(～1.2 km)、強い安定成層(～0.02 s⁻¹)をしていると、総観規模の風速10 ms⁻¹に対してフルード数は約0.4と見積もられる。このため下層の寒気の吹き出しがせき止められ、上空の高温位の空気が海上に吹き出す。一方、南西側では山岳の標高が低く(～0.8 km)、弱い安定成層(～0.008 s⁻¹)をしていると、フルード数は約1.6と見積もられる。このため下層の寒気が山岳を越えて海上に吹き出す。これらの温位の違う気流により海上に前線帯が形成され、シホテ・アリニ山脈中央部の海岸付近の山岳により発生した筋雲がさらに発達する。

Shu-Ping WENG：熱帯インド洋・太平洋における年々変動スケールでの海洋貯熱量と海面水温偏差の結合伝播モード

Shu-Ping WENG: Propagating Coupled Modes between the Tropical Indo-Pacific Ocean Heat Content and SST Anomalies in the Interannual Timescale

時間方向に拡張した特異値分解(TESVD)の手法を用いて、熱帯インド洋・太平洋における海洋上層の貯熱量(UOHC)と海面水温(SST)偏差の結合伝播モードを調べたところ、4つの独立したモードが検出された。TESVD1とTESVD2は、それぞれENSOの持続期と遷移期における温度躍層-SSTフィードバックを抽出している。ENSO本来の42ヶ月の周期とともに、UOHC偏差は赤道から北向きに反時計回りの伝播パターンを示し、それらは赤道導波管に沿っ

た東向きSST偏差を伴っている。このUOHC偏差の卓越した影響は主にENSOのエル・ニーニョ期と関連している。一方、TESVD3ではSSTとUOHC偏差の西方伝播によるENSOの開始を捕らえている。これに加え、二次的な要因として北西太平洋上とカリブ海での暖水偏差と風の収束が、赤道湧昇の弱化を介してNINO3領域のSST偏差の上昇を引き起こしていた。TESVD4はENSOのシグナルが見られない時のSST偏差の長周期変動を示し、実際に赤

道東太平洋の UOHC 偏差に 4 ヶ月先行して SST 偏差が西方に伝播している様子が見られた。赤道付近で東西風の偏差が消えた場合には、温度躍層による調節機構が働かなくなるので、結合モードは停滞する。南

東インド洋では温度躍層-SST の関係が切り離されているため、TESVD1 および TESVD2 では SST 偏差のみが海盆スケールで東へ広がっている。

那須野智江・三浦裕亮・佐藤正樹・野田 暁・大内和良：2006年12月の MJO 事例に関する全球雲解像数値実験における対流の多重スケール組織化

Tomoe NASUNO, Hiroaki MIURA, Masaki SATOH, Akira T. NODA and Kazuyoshi OOUCHI : Multi-Scale Organization of Convection in a Global Numerical Simulation of the December 2006 MJO Event Using Explicit Moist Processes

2006年12月から2007年1月にかけて発生したマッデン-ジュリアン振動 (MJO) における対流の多重スケールの組織化について全球で雲を陽に計算する数値実験により調べた。数値実験ではこの MJO 事例に伴う対流の階層構造、即ち約 5 ms^{-1} で東進する東西 5000-10000 km スケールの対流群とそれを構成する 1000-2000 km スケールの東進擾乱 (eastward propagating disturbance, EPD; 位相速度 $10-15 \text{ ms}^{-1}$) や数百 km スケールの西進雲クラスター

(cloud cluster, CC) が再現された。

数値実験で再現された EPD は連続的に東側に発生する CC から成り、MJO に伴う大規模循環の強まった段階では、よく組織化されたスコールタイプのクラスター (レインバンド) を形成した。計算された EPD は力学構造において湿潤ケルビン波と類似する。また、赤道を横切る南北風を伴う西進波動擾乱が EPD における対流の組織化に影響を及ぼすことも示唆された。

近藤圭一・田中 博：順圧大気大循環モデルを用いた拡張カルマンフィルタおよびアンサンブル・カルマンフィルタの比較実験

Keiichi KONDO and Hiroshi L. TANAKA : Comparison of the Extended Kalman Filter and the Ensemble Kalman Filter Using the Barotropic General Circulation Model

本研究では、筑波大学で開発された順圧大気大循環モデル (順圧 S-model) に、拡張カルマンフィルタ (EKF) とアンサンブル・カルマンフィルタ (EnKF) を適応し、完全モデルの仮定の下で同化実験を行い、EKF と EnKF の同化性能を比較した。さらに、EnKF の局所化による影響を調べた。順圧 S-model はプリミティブ方程式系に基づいているが、大気鉛直平均場を扱う順圧モデルであるため大気自由度が非常に小さく、EKF の直接計算が可能である。どの程度のアンサンブルメンバーを EnKF に用意すれば、EKF を精度よく近似できるのかを調べるために、EnKF のアンサンブルメンバーを 20, 50, 100, 410, 1000 とし、それぞれで同化実験を行い、EKF と EnKF を比較した。

その結果、根二乗平均誤差 (RMSE) では、アンサンブルメンバーが 50 より多い場合に EnKF は EKF

に収束することが確かめられた。一方、アンサンブルメンバーが 20 のときは、EnKF は発散はしないものの十分に EKF に収束しなかった。また、EKF, EnKF の解析誤差共分散を固有値分解したときの第 1 固有ベクトルには、傾圧不安定波が最も卓越した誤差として現れた。この最大誤差成長の構造は EKF および 50 メンバー以上の EnKF で非常に似通った構造となった。さらに、局所アンサンブル変換カルマンフィルタ (LETKF) を使って局所化が解析場に与える影響について調べた。その結果、局所化を行わない EnKF の解析誤差は、LETKF の解析誤差より小さくなることが確かめられた。

本研究での順圧 S-model を用いた完全モデルを仮定した実験では、EnKF が EKF の精度の良い近似を行うためには、アンサンブルメンバーを 50 より多くする必要があることがわかった。